

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИМЕНЕНИЕМ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ «ПЕНОЛ-1» И «ПЕНОЛ-2»

*Акулович Л.М., д.т.н., профессор; Сергеев Л.Е., к.т.н., доцент;
Романова Т.К., к.т.н., доцент; Сенчуров Е.В., инженер;
Падаляк В.В., аспирант*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

Известно, что поверхностно-активные вещества (ПАВ) значительно понижают сопротивление деформированию и разрушению тел в результате физической (обратимой) адсорбции. В этом заключается основной принцип эффекта П.А. Ребиндера [1]. Данный эффект происходит в результате образования на поверхности твердых тел тончайших пленок (на уровне молекулярных слоев) газов, паров или растворенных веществ либо их поглощением этой поверхностью. В первом случае при так называемой внешней адсорбции, благодаря адсорбированному слою уменьшается поверхностная энергия твердых тел, что приводит к облегчению выхода дислокаций. Деформирование этих тел обеспечивается пластифицированием поверхности и снижением предела текучести σ_T , а также коэффициента упрочнения λ :

$$\lambda = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}, \quad (1)$$

где σ – напряжение; ε – деформация.

Отличительной особенностью эффекта П.А. Ребиндера является его действие только при совместном участии среды и определенного напряженного состояния поверхностного слоя. Наиболее сильно указанный выше эффект проявляется в условиях образования новых поверхностей, а также при наличии в твердом теле дефектов. Адсорбируемые ПАВ, стремясь покрыть всю поверхность тела, проникают в микроскопические трещины, мигрируя по их стенкам со скоростями, превышающими скорость всасывания жидкости в зазор. Когда молекулы ПАВ достигают мест, где ширина трещины равна размеру одной, двух молекул, адсорбционный слой своим давлением стремится расклинить эту трещину. Давление на стенки трещины у ее вершины может достигать до 10 ГПа [2]. Таким образом, деформация поверхностного слоя создает предпосылки для проявления расклинивающего действия, которое затем интенсифицирует саму деформацию. Следовательно, речь идет о принципе самоорганизации де-

формированных процессов, реализующихся на уровне очагов деформации, переходных областей и связей между ними [3].

Установлено, что применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) на основе ПАВ наиболее эффективно при отделочных операциях, когда лимитирующим показателем служит достигаемая шероховатость обрабатываемой поверхности [4]. Это подтверждается также их использованием при таком финишном методе обработки, как магнитно-абразивная обработка (МАО) [5]. Следует, однако, отметить, что гермины смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) и СОТС в полной мере не характеризуют особенности данного метода. Специфическими особенностями технологии МАО являются, во-первых, незначительное тепловыделение в присутствии СОТС ($50-70^{\circ}\text{C}$) [6], во-вторых, превалирующими факторами служат их моющие и диспергирующие (режущие) свойства. Поэтому суть происходящих в зоне обработки процессов наиболее полно и точно можно отразить, введя понятия: рабочая жидкость (РЖ) и рабочая технологическая среда, включающая в себя два компонента – РЖ + ферроабразивный порошок (ФАП), РЖ + гибкие ферроабразивные волокна, РЖ + механические «щетки» в магнитном поле в присутствии ФАП, магнитнореологические суспензии и жидкости [7].

Еще одной способностью МАО является механизм его функционирования, основанный на применении в качестве связующего элемента магнитного поля. В отличие от шлифования и других отделочных операций, действие которых базируется на жестком закреплении режущих зерен инструмента, процесс динамики резания при МАО характеризуется собственной неустойчивостью, обусловленной упругостью ферроабразивной «щеткой». Однако данная особенность МАО при использовании РЖ приводит к росту эффективности воздействия ПАВ. Это вызвано высокой степенью проникновения РЖ в зону диспергирования обрабатываемой поверхности детали. Наиболее ярким доказательством служит тот факт, что диапазон температур в рабочей зоне составляет, как указывалось выше, $50-70^{\circ}\text{C}$, а при работе без применения РЖ он достигает 400°C [7].

Интенсификация процесса МАО неразрывно связана с номенклатурой РЖ и их качественными характеристиками, такими как коррозионная агрессивность по отношению к черным и цветным металлам, водородный показатель pH, кислотное число, а также степень экологического воздействия на человека и окружающую среду. Поэтому требуется осуществлять постоянный анализ и отбор вариантов различных РЖ. Например, водные растворы триэаноламина ($\text{HOC}_2\text{H}_4\text{CH}_2\text{N}$) и олеиновой кислоты $\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{COOH}$ с присадками в первом варианте глицерина, во втором – керосина. Они обладают высокими моющими и диспергирующими свойствами, но отличаются низким периодом стойкости в процессе МАО и, кроме того, образуют трудноудаляемый осадок на поверхности обработан-

ных деталей и оборудования. В то же время указанные выше составы достаточно широко используются в машиностроении и положительно себя зарекомендовали при других видах обработки [8]. Поэтому проявление физико-химических процессов в растворах ПАВ при наложении внешних магнитных полей при операции МАО требует проведения дальнейших исследований.

В настоящее время в результате совместной работы ФТИ НАН Беларуси и УкрНИИ НП «МАСМА», г. Киев, создан ряд составов, позволяющих осуществлять высокоэффективную обработку методом МАО различных материалов, среди которых могут быть представлены РЖ «Пенол-1» и «Пенол-2» ТУ 38.591218-90. Они применяются в виде 0,1–1% водных или водносолевых растворов для получения пенных промывочных систем.

Качественно новый состав концентрата данных РЖ представляет собой смесь на основе некоторых видов ПАВ, ингибиторов коррозии черных и цветных металлов и воды с определенным соотношением между указанными выше компонентами. Технология изготовления составов заключается в компаундировании исходного сырья при температуре не выше 50 °С. Их некоторые физико-химические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики СОТС «Пенол-1» и «Пенол-2»

Показатели	Состав СОТС	
	СинМА-1 и СинМА-2	Пенол-1 и Пенол-2
Вязкость кинематическая при 50 °С, сСт, не более	100	100
Устойчивость пены, см ³ , не более	100	200
рН раствора, не более	8,5–10	7–9,5

Примечание: рН для СинМА-1 и СинМА-2 показано для 3%-го раствора; рН для Пенол-1 и Пенол-2 показано для 1%-го раствора.

Оценка эффективности обработки методом МАО различных материалов при использовании РЖ «Пенол-1» и «Пенол-2» производилась в сравнении с «СинМА-1» и «СинМА-2» ТУ 38.5901176-91 при следующих режимах и параметрах, которые стабилизировались на уровнях, обеспечивающих оптимальные условия процесса: магнитная индукция, $B=1$ Тл; скорость резания, $V_p=1$ м/с; скорость осцилляции, $V_o=0,2$ м/с; амплитуда осцилляции, $A=1,5$ мм; величина рабочего зазора, $\delta=1$ мм; коэффициент заполнения рабочего зазора, $K_z=1$; время обработки, $t=60$ с. Исследования осуществлялись на установке СФТ 2.150.00.000. В качестве ФАП применялся порошок легированной стали, марки 100 Ф5 ТУ 232-130-004-90 на основе сплава Fe-V; зернистость ФАП, $\Delta=160/200$ мкм. Образцами служили кольца подшипников № 984905 $D \times d \times l=36 \times 29 \times 32$ мм, материал ШХ15 ГОСТ 801-78, 58-62 HRC и втулки $36 \times 34 \times 32$ мм, материал Д16 ГОСТ 21488-76.

Исходная шероховатость представленных образцов составляла $Ra_1=1,2-1,4$ мкм. Выходными показателями эффективности обработки являлись: а) достигаемая шероховатость поверхности деталей, Ra_2 , мкм; б) величина удельного съема материала, ΔG , мг/см²·мин. Измерение как исходной, так и достигаемой шероховатости поверхности производилось на профилографе-профилометре мод. «252-Калибр». Взвешивание деталей осуществлялось на весах аналитических ВЛА-200Г с точностью до 0,001 г. Результаты сравнительных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Производительность и шероховатость поверхности при использовании в процессе МАО СОТС Пенол-1 и Пенол-2

Рабочая технологическая среда	Обрабатываемый материал			
	ШХ15		Д16	
	ΔG , мг/см ² ·мин	Ra_2 , мкм	ΔG , мг/см ² ·мин	Ra_2 , мкм
ФАП 100Ф5+СинМА-1	6,55	0,05	4,09	0,11
ФАП 100Ф5+СинМА-2	5,69	0,06	4,31	0,13
ФАП 100Ф5+Пенол-1	10,12	0,04	5,22	0,17
ФАП 100Ф5+Пенол-2	7,63	0,05	3,26	0,19

Применение рабочих жидкостей «Пенол-1» и «Пенол-2» позволяет повысить производительность магнитно-абразивной обработки стали ШХ15 в 1,5 раза с образованием равных показателей шероховатости поверхности деталей в сравнении с базовыми составами «СинМА-1» и «СинМА-2». При обработке сплава Д16 рабочие жидкости «Пенол-1» и «Пенол-2» могут быть полноценной заменой указанных выше базовых составов.

Список использованных источников

1. Лихтман, В.И. Физико-химическая механика металлов / В.И. Лихтман, В.Д. Щукин, П.А. Ребиндер. – М., 1962.
2. Гаркунов, Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. – М., 1989.
3. Макушок, Е.М. Самоорганизация деформационных процессов / В.И. Лихтман, В.Д. Щукин, П.А. Ребиндер. // Физико-химическая механика металлов. – М., 1962.
4. Гаркунов, Д.Н. Триботехника. М., 1989
5. Макушок, Е.М. Самоорганизация деформационных процессов / Е.М. Макушок. – Минск, 1991.
6. Сакулевич, Ф.Ю. Роль смазывающе-охлаждающих жидкостей при магнитно-абразивной обработке / Ф.Ю. Сакулевич, Н.Я. Скворчевский. – Минск, 1981.
7. Яцерицын, П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах / П.И. Яцерицын, М.Л. Еременко, Е.Э. Фельдштейн. – Минск, 1988.
8. Скворчевский, Н.Я. Эффективность магнитно-абразивной обработки / Н.Я. Скворчевский, Э.Н. Федорович, П.И. Яцерицын. – Минск: Наука і техника, 1991.